Aus der Königlichen Medizinischen Universitätsklinik zu Göttingen.

Über die Temperaturabhängigkeit der Goldzahl und der Viskosität von kolloidalen Lösungen (Gelatine, Albumin, Serum) und über die Temperaturabhängigkeit der Quellung von Organen (Muskel und Niere).

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshülfe

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Albrecht Renner

aus Aachen.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Göttingen 1914.

Buchdruckerei des Göttinger Tageblatt.

Der medizinischen Fakultät der Universität Göttingen
vorgelegt am 28. Juli 1914.

Referent: Geheimer Medizinalrat Prof. Dr. Hirsch.

Die Drucklegung ist seitens der Fakultät genehmigt.

Einteilung.

I. Einleitung. Vorbemerkung über die Bedeutung des Wassers in Kolloiden.

II. Bestimmung des Kolloidzustandes bei verschiedenen Temperaturen durch die Schutzkraft.
   1. Verhalten der neutralen Gelatinelösung.
   2. „ „ sauren „
   3. „ „ alkalischen „
   4. „ „ Albuminlösung.
   5. Zusammenfassung.

III. Anwendung der Viskosimetrie zur Bestimmung des Kolloidzustandes.
   1. Albuminlösung.
   2. Serum.
   3. Folgerungen aus dem quantitativen Verhalten der Temperaturabhängigkeit.
   4. Temperaturabhängigkeit der Viskosität von Körperflüssigkeiten nach Angaben aus der Literatur.

IV. Bestimmungen der Wasseraufnahme von Organen bei verschiedener Temperatur.
   1. Muskel.
   2. Niere. (Rinde und Mark.)

V. Zusammenfassung.

Einleitung.

Die folgenden Untersuchungen beschäftigen sich mit Materie in kolloidalem Zustand. Soviel auf dem Gebiete der Kolloidchemie in letzter Zeit gearbeitet wurde, so ist trotzdem die Abgrenzung dieses Gebietes und die Einteilung desselben noch so wenig festgelegt, daß die hervorragendsten Forscher (Zsigmondy, Wo. Ostwald, Freundlich, Hardy, Pauli und Botazzi) in wichtigen Punkten auseinandergehen. Soviel scheint festzustehen: 1. daß man von einer Substanz in kolloidalem Zustand nur dann sprechen kann, wenn sie Flüssigkeit enthält oder in einer Flüssigkeit enthalten ist; diese Flüssigkeit ist in den meisten, in allen physiologischen Fällen, Wasser; 2. daß die Teilchen der Substanz sehr kleine Dimensionen (1 $\mu\mu$ bis 100 $\mu\mu$) haben. Die Anwesenheit des Wassers ist von solcher Bedeutung, daß alle Veränderungen, denen man bis jetzt Kolloide unterworfen hat, mit Veränderungen ihrer Beziehungen zum Wasser verbunden sind. Man spricht von Hydratationen und Deshydratationen. Die Hydratation zeigt sich an durch eine Zunahme der Viskosität, Erhöhung der Koagulationstemperatur, Hemmung der Fällbarkeit durch Alkohol in der Kälte (Pauli), Zunahme des osmotischen Drucks (Lillie), Zunahme der optischen Drehung (Trunkel). Die entgegengesetzten Veränderungen treten bei der Deshydratation ein. Alle diese Erscheinungen sind durch Zunahme, resp. Abnahme der Teilchengröße durch die Wasserverschiebung, verständlich. Unsere Kenntnisse über die Teilchengröße verdanken wir dem Ultramikroskop, das Teilchen bis zu einer Größe von 5 $\mu\mu$ hinab sichtbar macht. Die in scheinbar homogenen Flüssigkeiten schwebenden Teilchen wurden auch in natürlichen Hydrosolen gefunden, z. B. von Menz in der erkalteten Gelatinelösung, die in der Wärme nur Amikronen enthält.

Im Folgenden wurde der Einfluß der Temperatur auf die Wasserverschiebung untersucht.

1. Die Temperaturabhängigkeit der Goldzahl.

Nach der von Zsigmondy[1]) angegebenen Methode der Bestimmung der Goldzahl wurde eine Reihe kolloidaler Lösungen untersucht. Die kalt bereitete Lösung einer durch Dialyse salzfrei gemachten Gelatine hatte folgende Goldzahlen:*)

22^0	35^0	50^0
0,005	0,004	0,004 ccm

Die gleiche Lösung nach 24 Stunden:

20^0	25^0	30^0	35^0	40^0	70^0
0,007—0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,005

Die Schutzkraft einer in der Kälte bereiteten Gelatinelösung nimmt mit steigender Temperatur zu. Die Zunahme ist keine stetige; die größte Aenderung der Goldzahl erfolgt zwischen 25^0 und 35^0. Von der gleichen drei Tage alten Gelatinelösung wurden zwei gleichstarke Verdünnungen angesetzt, die eine mit Wasser, die andere mit Salzsäure, so daß die Lösung $\frac{n}{100}$ war.

---

*) Die in ccm ausgedrückten Goldzahlen sind die Mittelwerte von je 10 Bestimmungen, die nur wenig von einander abweichen.

Die Temperaturabhängigkeit der Goldzahl der sauren Gelatine war folgende:

	20°	30°	40°	55°	70°	99°
neutrale G.	0,007					
saure G.	0,009	0,009	0,009	0,007	0,006	0,006

Also: die saure Gelatine schützt schlechter. Die Zunahme der Schutzkraft liegt bei der sauren Gelatine über 40°; zwischen 55° und 70° ist eine deutliche Besserung feststellbar. Feinere Farbennuancen zwischen 20° und 40° sind vorhanden; sie zeigen, daß auch in diesem Temperaturintervall ein Einfluß besteht.

Die Goldzahlen einer $\frac{n}{100}$ NaOH-Gelatine:

20°	60°
0,006	0,006

Die Schutzkraft dieser Gelatine ist bei 20° höher als die der neutralen Gelatine (vgl. Schulz und Zsigmondy)[2]). Eine Zunahme der Schutzkraft mit der Temperatur ist nicht vorhanden.

Die Goldzahlen einer kalt bereiteten Lösung von dialysiertem Serumalbumin:

20°	40°	50°	70°
0,003	0,003	0 001	0,001

Ein besonderes Interesse verdient die Tatsache, daß bei 70° die Albuminlösung eine deutliche Trübung und dennoch eine bessere Schutzkraft zeigte als die klare Lösung von 40°. Da nach Abkühlen auf 20° die Schutzkraft auf ihren alten Wert zurückging, die durch die Temperaturerhöhung bewirkte Zustandsänderung also reversibel war, ist die Veränderung der Goldzahl nicht als Folge einer chemischen Veränderung (Auftreten besserschützender Spaltprodukte) aufzufassen, sondern als eine reversible Aenderung des Lösungszustandes.

Oehme und Lichtwitz*) hatten folgendes Resultat:

38°	42°
0,1	0,06

Diese Untersuchungen zeigen, daß die Schutzwirkung kolloidaler Lösungen mit steigender Temperatur zunimmt. Besonders auffallend ist, daß bei der Gelatine sowohl wie bei dem Serumalbumin die Zunahme keine stetige ist.

Zu einer Erkenntnis des Wesens der Temperaturwirkung reichen unsere Versuche nicht aus. Folgende Veränderungen des kolloidalen Zustandes durch die Temperatur sind möglich: Aenderung der Teilchengröße durch feinere Aufteilung; Aenderungen des Wassergehalts; Aenderung der Geschwindigkeit der Teilchen; chemische Veränderungen im Molekül (Hydrolyse oder dergl.). Der letzte Modus spielt bei der Gelatine und bei Temperaturen unter 50°, wie die Reversibilität der Schutzkraftänderung zeigt, keine Rolle. Die Teilchengeschwindigkeit läßt sich vielleicht ultramikroskopisch verfolgen.

Unsere Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Goldzahl geben keinen Aufschluß über die Theorie. Aber als biologisch interessante Tatsache sei hervorgehoben, daß in kolloidalen Lösungen durch die Goldzahl nachweisbare Zustandsänderungen in dem Intervall der Temperaturen, in denen die Lebensprozesse ablaufen (38—42°), auch bei kleinen Temperaturänderungen vorkommen.

II. Viskosität.

Ueber die Temperaturabhängigkeit der Viskosität habe ich in „Der physikalischen Chemie der Proteine von Brailsford Robertson“ keine Angaben gefunden. Biologen, die hierüber Untersuchungen angestellt haben

*) nicht publizierte Versuche.

(Starke[3]), Rossi[4]), Bottazzi[5]) und White[6]), fanden übereinstimmend an Eiweißlösung, Serum, Plasma, Milch und Galle bei höherer Temperatur eine geringere Viskosität. Die Viskositätsbestimmungen am Gesamtblut liegen außerhalb des Bereichs unserer Untersuchung.

Die Messungen des Viskositätscoeffizienten bei meinen Versuchen geschahen mit dem Ostwaldschen Kapillar-Viskosimeter; sie wurden in verschiedenen Viskosimetern vorgenommen, bei dünnen Lösungen in feineren Kapillaren, bei konzentrierteren Lösungen, bei denen die Ablesungen wegen der geringen Geschwindigkeit auch in weiteren Röhren genau genug werden, in weiteren. Es wurden stets sechs Messungen bei einer Temperatur vorgenommen. Da nicht genügend Thermostaten vorhanden waren, wurden die Messungen in Wassergefäßen, die fünf Liter faßten, ausgeführt. Die Temperatur wurde zu Beginn und zum Schluß eines jeden Versuchs gemessen und der mittlere Viskositätswert auf die mittlere Temperatur bezogen. Die Werte, um die die bei gleicher Temperatur gefundenen Durchlaufszeiten von einander abwichen, betrugen nicht ganz 1 %. Wo sie größer waren, wird es besonders erwähnt werden. Zunächst seien die in verschiedenen Viskosimetern erhaltenen Werte der Auslaufszeiten des Wassers in Prozenten der Auslaufszeit bei 15° wiedergegeben.

Temp.	I a	I b	II	III	IV
15	100	100	100	100	100
20	89	89	89	89	89
25	79	79	79	78	79
30	71	71	71	70	71
35	64	64	65	64	64
40	58	58	59	58	58
45	54	54	54	54	53
50	50	49	50	50	50
55	47	46	47		

Diese Werte stimmen gut überein. Die Abweichungen werden bei höherer Temperatur größer, weil die größere Geschwindigkeit die Beobachtungsfehler mehr hervortreten läßt. In der Kolumne I b ist die Aenderung des spezifischen Gewichts mit der Aenderung der Temperatur berücksichtigt; die so erhaltenen Beträge unterscheiden sich von den zugehörigen Werten der Auslaufszeiten um Größen, die innerhalb der Fehlerbreite liegen. Es wird daher in den weiteren Versuchen mit Kolloidallösung und Serum die Veränderung des spezifischen Gewichts mit der Temperatur nicht berücksichtigt.

Bei den aus dialysiertem Albumin hergestellten Lösungen werden folgende Werte für die Auslaufszeiten gefunden:

Beobachtete Werte:		Ausflußzeiten umgerechnet:		
Temp.	Sek.	auf Temp.	Sek.	%
15,1	64,5	15	64,7	100
20	57,1	20	57,1	88
24,6	51,1	25	50,7	79
30	45,5	30	45,5	71
35,1	40,8	35	40,9	63
39,3	38,0	40	37,3	58
44,8	34,2	45	34,0	52,5
49,5	31,7	50	31,5	49
57,0	28,0	55	29,0	45

Die Viskosität einer Albuminlösung nimmt also mit steigender Temperatur ab. Die Werte ordnen sich sehr gut auf eine Kurve, aus dieser Kurve werden die Werte der Ausflußzeiten in Abständen von 5° abgelesen, um einen Einblick in die quantitativen Verhältnisse des Temperatureinflusses zu erhalten. Es zeigt sich, daß die Temperaturabhängigkeit bei der Albuminlösung innerhalb der Beobachtungsfehler dieselbe ist wie bei reinem Wasser. Es ist also der Temperaturablauf nicht durch das Kolloid, sondern nur durch das Wasser bestimmt,

Wie verhält es sich in konzentrierteren Lösungen von Kolloiden, deren Viskosität nach Starke Abweichungen von den weniger konzentrierten künstlich hergestellten Lösungen zeigt, Abweichungen, die auf einem Hervortreten der Eigenschaften des Kolloids beruhen?

Aus im Eisschrank geronnenem menschlichen Blut wird ein Serum gewonnen, das zentrifugiert und filtriert wird. Es zeigt sich bei den ersten Versuchen, daß die Durchlaufszeit bei konstanter Temperatur um 5 % schwankt. Diese Ungenauigkeit wird durch nochmaliges Zentrifugieren behoben, die Schwankungen betragen jetzt nur 1 %.

Ausflußzeiten beobachtet:		Ausflußzeiten umgerechnet:		
Temp.	Sek.	Temp.	Sek.	%
15,7	101,6	15	103,2	100
20,3	90,3	20	91,0	88
24,7	81,0	25	80,4	78
30,2	71,4	30	71,8	70
35,3	64,3	35	64,9	63
39,5	58,9	40	58,5	57
44,3	54,1	45	53,5	52
49,3	49,7	50	49,2	47
58,9	42,5	55	45,2	44

Wasser hatte in diesem Viskosimeter bei 15° eine Durchlaufszeit von 57,8″; das Serum, das den doppelten Viskositätswert hat, zeigt trotzdem die gleiche Temperaturabhängigkeit, nur bei 55° zeigt sich eine Abweichung. Weitere Versuche wurden mit dem Serum einer Person gemacht, die am Tage vorher reichliche Mengen Alkohol genossen hatte. Das Serum war ein typisches Fettserum, milchig und gelb. Die ersten Ablesungen zwischen 15° und 25° gaben nur Beobachtungsfehler von unter 1 %. Bei 30° Grad traten jedoch ungeheure Unterschiede (über 10 %) auf. Nachdem das Serum auf 30° erhitzt war, zeigten sich auch bei 15° Schwankungen von 6 %, doch gelang es durch eine große Menge von Beobachtungen (18), Werte zu erhalten, die sich auf einer Kurve ordnen ließen.

Auslaufszeiten beobachtet:		Auslaufszeiten umgerechnet:		
Temp.	Sek.	Temp.	Sek.	%
16,8	106,6	15	110,6	100
25,8	86,3	25	88,1	80
35,0	69,0	35	69,0	63
45,2	57,5	45	57,7	52
53,4	50,3	50	53,7	49
63,8	45,9	60	47,7	43

Dasselbe Serum mit absteigender Temperatur:

Auslaufszeiten beobachtet:		Auslaufszeiten umgerechnet:		
Temp.	Sek.	Temp.	Sek.	%
61,6	49,1	60	50,7	41
53,2	58,2	50	61,7	49
36,9	77,4	35	80,6	64
26,5	95,5	25	100,0	80
16,8	145,6	15	125,6	100

An diesem Versuch ist bemerkenswert, daß trotz des inhomogenen Aussehens die Viskosität nicht erheblich höher ist als bei dem klaren Serum und die Temperaturabhängigkeit mit der des Wassers gut übereinstimmt. Nachdem bei hoher Temperatur die Koagulation eines Teiles der Eiweißstoffe stattgefunden hat, nimmt die Viskosität zu, aber die Abhängigkeit von der Temperatur, bezogen auf den jetzt beim Abkühlen erreichten Wert bei 15°, ist unverändert. Die Viskositätszunahme bei höherer Temperatur ist dieselbe, wie sie Starke an seiner Eiweißlösung vor der Koagulation beobachtet hat.

Die Verhältnisse zwischen Temperatur und der Viskosität von Lösungen sind äußerst kompliziert. Ueber die Viskosität von Lösungen organischer Flüssigkeiten in Wasser bei 0° und 25° habe ich Angaben bei Arrhenius[7]) gefunden. Die Abnahme mit der Temperatur habe ich aus seiner Tabelle (28 Beobachtungen) umgerechnet und die stärkste Abnahme bei einer 10 prozentigen Propylalkohollösung gefunden. Der Wert bei 25° beträgt 82 % des Wertes bei 0° (Wasser 50 %). Der geringste Unterschied der Viskositäten war bei Methylformiat (99 % bei 25°). Ueber die Verhältnisse einer Salzlösung sei angeführt, daß Lösungen von geringer Konzentration die gleiche Temperaturabhängigkeit zeigen wie Wasser, stärker konzentrierte Lösungen jedoch eine geringere. Ionen in Lösungen von organischen Flüssigkeiten zeigen nach den Untersuchungen Waldens[8]) die Temperaturabhängigkeit des Lösungsmittels. Er sieht darin eine Bestätigung der Kohlrauschschen Theorie, nach der Ionen eine große Anzahl Moleküle des Solvens assoziieren. Die Reibung findet also zwischen den Flüssigkeitsteilchen statt. Die Natur des Ions ist maßgebend für die Anzahl der assoziierten Teilchen. Hierdurch ist erklärt, daß der Temperaturcoeffizient der Reibung derselbe wie im Wasser ist. Die Zunahme der absoluten Werte wird durch die Anwesenheit größerer Teilchen in der Flüssigkeit bewirkt. Uebertragen wir diese Verhältnisse auf kolloidale Lösungen, so sind die in unseren Untersuchungen hervorgetretenen Erscheinungen erklärt.

Es seien noch kurz aus der Literatur Angaben über den Temperaturverlauf der Viskosität angeführt, um zu prüfen, ob diese Uebereinstimmung zwischen Wasser und kolloidaler Lösung allgemein zu finden ist. Die Angaben von Starke wurden in ein Koordinatensystem eingezeichnet. Nur in einem einzigen von vier Fällen, bei der neutralisierten Eiweißlösung, lagen die Beobachtungen auf einer Kurve. Bei den übrigen Beobachtungen findet man bei gleicher Temperatur Differenzen der Ausflußzeit um 5 Sek. (auf 75″).

Die Abweichungen kann man wohl auf die Ungenauigkeit der Beobachtungen zurückführen.

Temp.	neutr. Albuminlösung	verdünnte Eiweißlösung	verdünnte Eiweißlösung mit $CaCL_2$ Zus.	natürliche Eiweißlösung
20	0,89			
25	0,80			
30	72			
35	65	65	65	
40	60	59	60	58
45	55	55	53	52
50	50	50	51	48
55	47	46	46	46

White stellte in seinen Untersuchungen die absolute Viskosität fest am Serum des Hundshais.

Temp.	Serum I.	%	Serum II.	%
30	0,01252	71	0,01288	71
40	0,01018	58	0,01044	58
50	0,00861	49	0,00883	49
55			0,00860	47

Die Werte zeigen gute Uebereinstimmung.

Eine Uebertragung unserer Ergebnisse auf die klinische Viskosimetrie ist zunächst nicht statthaft. Wir wissen, daß die Temperaturabhängigkeit von zehn Flüssigkeiten ein anderes Verhalten in bezug auf ihre Temperaturabhängigkeit zeigen. Zu solchen Flüssigkeiten mit großer Viskosität gehört auch das Blut, wie folgende Tabelle von Russel-Burton-Opitz[9]) anzeigt:

Temp.	defibriniertes Blut	%	Serum	%
15	(11,8)	100	2,7	100
17,5	10,5			
20,0	9,5	81	2,4	89
25,0	8,3	71	2,2	81
30	7,3	62	1,9	71
35	6,5	55	1,7	63
40	5,8	49	1,6	59

Im Gegensatz zum Serum zeigt also das Blut eine vom Wasser verschiedene Temperaturabhängigkeit.

Aus klinischen Beobachtungen von Bolognesi[10]) und Chistoni[11]) geht hervor, daß die Viskositätsänderung im Serum von entgegengesetzten Veränderungen im Blut begleitet sein kann, so daß wir aus dem Verhalten des Serums nur auf Veränderungen des Stoffaustausches zwischen Blut und Gewebe, nicht auf Veränderung der Zirkulationsbedingungen schließen dürfen.

Die Viskositätsänderung des Serums im Fieber ist gleich der des Wassers in diesem Temperaturbereich und nimmt zwischen 36° und 43° um 12 % ab. Ueber eine Veränderung in der Teilchengröße lassen sich

jedoch aus den Beobachtungen der Viskosität keine Schlüsse ziehen; denn wenn auch die Abnahme der Viskosität zunächst an eine Verringerung der Teilchengröße denken ließ, so ergab die quantitative Betrachtung des Temperaturcoeffizienten der untersuchten kolloidalen Lösungen und des Serums, daß die Viskositätsabnahme auf Rechnung des Lösungsmittels zu setzen ist und keine Schlüsse auf die Größe der Teilchen zuläßt. Diese Abnahme der Viskosität, die das Serum als kolloidale Lösung bei steigender Temperatur erfährt, wird noch durch eine Verwässerung des Blutes vermehrt. Schulze und Wagner[12]) wiesen durch Trockenrückstandsbestimmungen im Blute nach, daß im heißen Bade eine Verdünnung, im kalten eine Eindickung des Blutes stattfinde. Sandelowsky[13]) bestimmte den Eiweißgehalt des Blutes mit dem Refraktometer und fand, wenn er Tiere in den Wärmeschrank brachte, und nach dem Wärmestich, also bei reiner Hyperthermie, eine Konzentrationsabnahme. Um die Quelle dieser Verwässerung zu finden, wurden deshalb Versuche über die Wasserverschiebung in Organen bei verschiedener Temperatur angestellt.

III. Quellung.

Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Quellung von Geweben sind von Hauberrisser und Schönfeld[14]) am Nackenband des Rindes gemacht worden. Sie stellten fest, daß die Quellung des Bindegewebes mit wachsender Temperatur (0 bis 37°) abnimmt, und daß sie um so geringer ist, je näher die umgebende Flüssigkeit der physiologischen Flüssigkeit steht, (Blut, Serum, Ringerlösung, Wasser). Aus ihren weiteren Versuchen geht weiter hervor, daß, je größer die Stückchen sind, umso geringer die Temperaturabhängigkeit ist. Ein Stückchen von 2,04 g im Serum bei 17° zeigt nach 40 Stunden eine Zunahme von 36,1 %. Ein Stückchen von 8,75 g unter den gleichen Bedingungen nur eine solche von 6,5 %.

Das Bindegewebe kann also an der Verwässerung des Blutes bei höherer Temperatur beteiligt sein. Neben ihm käme vor allem die Muskulatur in Betracht, deren Bedeutung für den Wasserhaushalt seit den Versuchen von Engels[15]) und Wahlgren[16]) bekannt ist. Engels zeigte durch Injektionen von hypotonischen Kochsalzlösungen bei Hunden, daß die Hauptwasseraufnahme ($^2/_3$) in die Muskulatur und das übrige Drittel fast vollständig in die Haut aufgenommen wird. Wahlgren stellte durch Injektion mit hypertonischen Kochsalzlösungen fest, daß die prozentuale Chlorzunahme hauptsächlich in den Eingeweiden stattfindet, und daß Muskel und Haut Wasser abgeben. Japelli[17]) spritzte hypo- und hypertonische Salzlösungen ein. Er untersuchte nach 10, 30 und 60 Minuten die Salzkonzentration des Blutes, die bei hypotonischen Lösungen nach 10 Minuten schon wieder normal war; nach der Injektion hypertonischer Lösungen fand er nach 10 Minuten eine deutliche Zunahme der molaren Konzentration, die aber allmählich auf ihren normalen Wert zurückging. Er untersuchte zu gleicher Zeit die Gefrierpunkterniedrigung des Muskelsaftes und beobachtete, daß sie nach Injektion hypotonischer Lösung abnahm und nach Injektion hypertonischer Lösungen stieg. Buglia[18]) stellte zunächst die Quellung von Froschmuskeln bei 12° in Lösungen fest, deren Konzentration 0 (Aqua. dest.) bis 5,8 % ($\frac{n}{1}$) NaCl schwankte. Er fand in Lösungen von $\frac{n}{7}-\frac{n}{8}$ NaCl keine wesentliche Veränderung, in Lösungen von geringerer Konzentration Gewichtszunahme, von höherer Konzentration Gewichtsabnahme. Erhitzte er die Gefäße so, daß nach 12 Minuten 30°, nach 20 Minuten 40° und nach 50 Minuten 80° erreicht wurde, so war bei Temperaturen über 40° in sämtlichen Lösungen eine Entquellung des Muskels eingetreten. Ein Einfluß der Temperatur ist nur in hypotonischen Lösungen zwischen 30 und 40° vorhanden im Sinne einer stärkeren Entquellung.

Deutlich ist dieser Unterschied nur in Aqua dest. An dieser Versuchsordnung erscheint nicht geeignet, daß die physiologisch interessierenden Temperaturen so schnell durchlaufen werden, daß sich der deutliche Ausschlag, der nach des Verfassers eigenen Worten erst nach einer Stunde erreicht wird, nicht hier einstellt, sondern in einem Temperaturgebiet von 60—80°, wo der Muskel zerstört wird. Nach seinen Versuchen könnten also die Muskeln nicht für die Verwässerung des Blutes in Betracht kommen.

Die von mir angestellten Versuche über die Temperaturabhängigkeit der Muskelquellung wurden an den Muskeln von Meerschweinchen (Bauchmuskulatur), Schwein (Fuß), Kalb (rectus abdominis) und Stier (cremaster) angestellt. Sie ergaben das übereinstimmende Resultat, daß der Muskel bei höheren Temperaturen schlechter quillt. Die Flüssigkeit, in der die Präparate lagen, war eine modifizierte Ringerlösung, wie sie in der Arbeit von Hauberrisser und Schönfeld angegeben ist: 8,5 g NaCl, 0.3 g KCl und 0,2 g $CaCl_2$ auf ein Liter Wasser. Vier Gefäße, mit ca 150 ccm dieser Lösung gefüllt, wurden schon vor den Versuchen auf die entspre-Temperatur gebracht (4° Zimmertemperatur, 37° und 42°). Die Organe von frisch geschlachteten Tieren wurden in luftdicht verschlossenen Gefäßen ins Laboratorium gebracht, präpariert und möglichst von Bindegeweben und Gefäßen befreit. Die Entfernung von fremden Elementen gelang am besten bei dem Samenstrangmuskel, einem dünnen, nach der Ausbreitung flachen Muskel, in dem die Gefäße zwischen den Fasern längs verlaufen und, bei der Trennung des Muskels in einzelne Faserbündel, wegpräpariert werden konnten. Die Größe der einzelnen Muskelstückchen ist wie beim Bindegewebe von großer Bedeutung. Vielleicht sind die geringen Ausschläge, die Buglia erhielt, darauf zurückzuführen, daß er zu große Stücke verwandte. Die günstigste Größe für Längsschnitte von Muskeln, für Querschnitte wird sie höher liegen, ist etwa 30 mg. Kleinere Stücke sind deshalb nicht geeignet, weil die Entfernung der benetzenden Flüssigkeit vor der Wägung bei ihnen nicht gleichmäßig vorgenommen werden kann. Es wurden für jeden Versuch meist fünf möglichst gleiche Stücke mit gleichem Gesamtgewicht verwandt, damit bei möglichst großer Oberfläche große Ausschläge erzielt würden und zugleich bei möglichst großem Gesamtgewicht kleine Wägungsfehler weniger in Rechnung gezogen zu werden brauchten. Die Stückchen wurden im Wägegläschen oder zwischen zwei Uhrschalen gewogen, ehe sie eingetaucht wurden. In einigen Versuchen wurden die Stücke an Glashaken, die in einer schwimmenden Korkplatte befestigt waren, aufgehängt. Später wurden sie auf ein feines Messingnetz gelegt, das der Flüssigkeit von allen Seiten Zutritt gestattete. In bestimmten Zeitabständen wurden sie wieder aus dem Gefäß herausgenommen und von der benetzenden Flüssigkeit befreit. Dies geschah mit Hilfe einer Pincette durch Abrollen auf einem feinen Tuche. Sodann wurden sie unter Luftabschluß schnell gewogen. Die Gewichtsveränderung wird in Gewichtsprozenten des Anfangsgewichts ausgedrückt und in einem Koordinatensystem als Ordinate eingetragen, die zugehörige Zeit als Abszisse. Die Dauer eines Versuchs schwankte zwischen 5 und 24 Stunden, es ergab sich, daß der Gewichtszuwachs zu Beginn am stärksten ist, wie dies schon Hofmeister in seinen „Beobachtungen der Quellung“ nachgewiesen hat. Bei 4° und 15° blieben die Werte über die ganze Versuchsdauer hindurch konstant. Bei höherer Temperatur begann nach ca 9 Stunden meist der Abfall. Die Flüssigkeit wurde oft schon vorher trübe und schließlich undurchsichtig. Größere Gewebsteile gingen in die Flüssigkeit über, den Boden bedeckte oft eine Schicht von Flocken. Die Präparate selbst wurden weiß und schlaff, oft ließen sie sich zu Brei zerquetschen. Nur die Beobachtung vor Eintritt dieser autolytischen Erscheinungen sind für unsere Frage von Bedeutung. Nach dieser Methode wurden im ganzen 60 Versuche gemacht, von denen etwa die Hälfte auf Muskeln entfällt. Einige gaben gar keine oder schlechte Resultate, die Ursachen der Ergebnislosigkeit wurden festgestellt und sind zum Teil oben genannt. Hier sei nur eine Auswahl der Versuche wiedergegeben.

1. Muskel von Bullen, geschlachtet um 10 Uhr, Beginn des Versuchs 10 Uhr 45, die einzelnen Streifen sind dünn und schmal und etwa 4 cm lang. Im Laufe des Versuches werden sie kürzer und breiter.

Musc. cremaster des Bullen.

Temp.	Anfangsgewicht in g	Gewicht in g nach Std.				Gewichtszunahme in % nach Std.			
		1	2	3	5	1	2	3	5
4°	0,128	0,213	0,221	0,225	0,218	67	73	76	71
15°	0,128	0,199	0,209	0,205	0,193	56	63	60	51
38°	0,129	0,191	0,186	0,181	0,171	48	44	40	33
42°	0,127	0,175	0,174	0,169	0,163	38	37	33	28,5

Nach zwei Stunden beginnt bei 38° und 42° schon die Abnahme. Das Maximum wird bei 4° erst nach drei Stunden erreicht. Um die Unterschiede zu verdeutlichen, sind die Zunahmen durch Verhältniszahlen, bezogen auf die geringste Zunahme = 1, ausgedrückt.

Temp.	nach 1 Stunde		Maximalwerte	
4°	67	1,75	76	2
15°	56	1,5	63	1,7
38°	48	1,25	48	1,25
42°	38	1	38	1

2. In der folgenden Tabelle ist der Versuch a an einem gleich nach der Schlachtung präparierten Muskel, der Versuch b mit einem 24 Stunden alten Muskel vorgenommen. Mit dem 24 Stunden alten Muskel wurde außerdem ein Versuch c in Serum angestellt.

a) Frischer Muskel in Ringerlösung.

Temp.	Anfangsgewicht in g	Gewicht in g nach Std.		Gewichtszunahme in % nach Std.	
		5	8	5	8
15°	0,185	0,205	0,213	11	15
37°	0,157	0,160	0,163	2	4

b) 24 Std. alter Muskel in Ringerlösung.

Temp.	Anfangsgewicht in g	Gewicht in g nach Std.			Gewichtszunahme in % nach Std.		
		3	6	9	3	6	9
15°	0,165	0,209	0,212	0,218	27,5	29	32
37°	0,185	0,236	0,236	0,228	27,0	27,0	23

c) 24 Std. alter Muskel in Blutserum.

15°	0,091	0,111	0,119	0,123	22	30	35
37°	0,098	0,118	0,122	0,121	20	24,5	23,5

Die bei frischen Präparaten in Ringerlösung deutlich hervortretende Abhängigkeit von der Temperatur ist bei 24 Stunden alten Muskeln nicht

mehr vorhanden. Nimmt man jedoch Serum statt Ringerlösung, so tritt die Temperaturabhängigkeit der Quellung wieder hervor. Es ist natürlich nicht statthaft aus diesem am alten Muskel angestellten Versuche den Schluß auf den frischen Muskel zu ziehen. Und es verbleibt weiteren Versuchen, festzustellen, ob auch beim frischen Muskel die Temperaturabhängigkeit im Serum besser hervortritt.

3. Quellungsversuche in Aqua dest. zeigten, daß die Quellung in Wasser doppelt so groß ist als in Ringerlösung. Die Temperaturabhängigkeit ist dabei in Aqua dest. annähernd die gleiche. Das steht im Gegensatz zu den Beobachtungen von Buglia, der sie in Wasser viel ausgesprochener fand als in isotonischer Kochsalzlösung. Vielleicht hängt dieser Widerspruch mit der schädigenden Wirkung der Natriumionen zusammen, die in meiner Lösung durch die Gegenwart von Calcium- und Kaliumion gehemmt wird.

Musc. cremaster eines Bullen in Aqua dest. und Ringerlösung.

Lösung	Temp.	Anf.-Gew. in g	Gewicht in g nach Std.				Gewichtszunahme in % nach Std.			
			1	2	4	6	1	2	4	6
Aq. dest.	15°	0,122	0,209	0,199	0,182	0,179	72	63	49	47
	37°	0,125	0,169	0,168	0,157	0,159	35	34	26	27
Ringer	15°	0,125	0,179	0,176	0,170	0,162	43	41	36	30
	37°	0,124	0,147	0,144	0,137	0,137	19	16	10	10

Aus den Versuchen am Muskel folgt:

1. niedrige Temperatur begünstigt die Quellung,
2. die absoluten Quellungswerte sind am höchsten bei Aqua dest.

Es liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit, irgend etwas über die Beziehungen der Quellung zur Muskelfunktion auszusagen. Die widersprechenden Resultate, die sich bei einer auf andere Art erzeugten Wasserverschiebung, durch Konzentrationsänderung der den Muskel durchfließenden Lösung, gezeigt haben, schrecken davon ab. Meek[19]) fand in hypotonischer Lösung eine Steigerung der Kontraktibilität am kuresierten Muskel, Demoor und Philippson[20]) eine Verlangsamung der Kontraktion. Philippson[21]) hat in seiner späteren Arbeit Konzentration und Temperatureinfluß kombiniert; die Zuckung eines Muskels in hypertonischer Lösung zeigte bei 15° eine verlangsamte Erschlaffung, bei 30° war sie der normalen Zuckung ähnlicher. Es liegt wohl an sich näher, darin die Wirkung der höheren Temperatur auf die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen zu sehen. Es scheint mir jedoch der Schluß erlaubt, daß die im Fieber stattfindende Verwässerung des Blutes zum Teil durch Wasserabgabe aus den Muskeln bedingt ist.

In weiteren Versuchen wurde die Temperaturabhängigkeit der Quellung an der Niere untersucht, da ihr eine große Bedeutung bei der Aufrechterhaltung der Blutisotonie zufällt.

1. Die Niere eines eben getöteten Meerschweinchens wird durch einen Längsschnitt halbiert und durch Radialschnitte so geteilt, daß jeder Teil Rind, Mark und Papille enthält.

Niere eines Meerschweinchens.

Temp.	Anf.-Gew. in g	Gewicht in g nach Std.					Gewichtszunahme in % nach Std.				
		3	6	9	12	24	3	6	9	12	24
4°	0,048	0,068	0,069	0,069	0,066	0,070	42	44	44	37	46
15°	0,054	0,080	0,082	0,081	0,080	0,081	48	52	50	48	50
37°	0,063	0,106	0,113	0,115	0,106	0,070	68	80	83	68	8
42°	0,055	0,099	0,106	0,089	0,079	0,052	80	91	62	44	—5

Die Verhältniszahlen sind hier: (die prozentuale Gewichtszunahme bei 4° gleich 1 gesetzt).

Temperatur	Maximalwerte	(nach 3 Stunden)
4°	1,0	1,0
15°	1,1	1,2
37°	1,8–1,9	1,6
42°	2,0	1,9

Die Niere reagiert also umgekehrt wie der Muskel, sie quillt bei höherer Temperatur besser. Zwischen 37° und 42° ist noch eine deutliche Zunahme festzustellen.

Da die Niere schon makroskopisch zwei verschieden gebaute Teile unterscheiden läßt, deren funktionelle Bedeutung auch verschieden ist, lag es nahe, diese beiden Teile gesondert zu untersuchen. Die Niere vom Kaninchen, mit der der erste Rinden-Markversuch gemacht wurde, zeigt für das Mark bei allen Temperaturen Quellung, bei den verschiedenen Temperaturen jedoch nur geringe Unterschiede und keine Gesetzmäßigkeit. Da wegen der Kleinheit der einzelnen Stücke diese Versuche größere Fehler mit sich brachten bei der prozentualen Berechnung der Zunahme, außerdem die kleinen unregelmäßig geformten Markstücke sich nicht gleichmäßig abtupfen ließen, so wurden weitere Versuche an der Niere des Schweins gemacht. Auch diese gaben mit den ersten Versuchen kein Ergebnis; im Laufe der Quellung stellte sich heraus, daß die einzelnen Stücke nicht vollständig rindenfrei waren. Die saubere Präparation des Marks einer Schweineniere ist äußerst schwierig. Es muß nicht nur die Rinde, sondern auch das Bindegewebe des Nierenbeckens, das fest mit dem Mark verwachsen ist, sorgsam entfernt werden; denn dieses könnte einen Ausschlag nach der der Quellung der Gesamtniere entgegengesetzten Seite vortäuschen. Die Präparation der Schweinsniere war nach 3½ Stunden beendet. Die einzelnen Stückchen waren auch hier an Form und Gewicht ziemlich ungleich, auch das Gesamtgewicht für einen Versuch war nicht ganz gleich.

Mark der Schweinsniere.

Temp.	Anfangs-Gewicht in g	Gewicht in g nach Std.				Gewichtszunahme in % nach Std.			
		3	6	9	12	3	6	9	12
4°	0,119	0,144	0,142	0,135	0,124	21	19	13	8
15°	0,118	0,137	0,134	0,128	0,117	16	14	8	—1
37°	0,141	0,162	0,155	0,150	0,138	15	10	6	—2
42°	0,124	0,140	0,133	0,127	0,120	13	7	2,5	—3

Die Quellungszunahme ist äußerst gering, desgleichen die Unterschiede der Quellung bei den einzelnen Temperaturen. Doch spricht die absolute Regelmäßigkeit der Reihen dafür, daß kein Fehler vorliegt und wir berechtigt sind, zu behaupten, daß das Nierenmark bei höherer Temperatur schlechter quillt als bei niedriger. In Verhältniszahlen kommt der Unterschied deutlicher zum Ausdruck.

Temperatur	Maximalwerte	(nach 3 Stunden)
4°	1,61	
15°	1,23	
37°	1,15	
42°	1,00	

3. Von derselben Niere wird ein Rindenversuch gemacht.

Nierenrinde des Schweins.

Temp.	Anfangs-Gewicht in g	Gewicht in g nach Std.				Gewichtszunahme in % nach Std.			
		3	6	9	12	3	6	9	12
4°	0,216	0,261	0,266	0,270	0,266	21	23	25	23
15°	0,206	0,249	0,255	0,257	0,252	21,5	24	25	22
37°	0,171	0,216	0,236	0,243	0,251	26	38	42	47
42°	0,204	0,261	0,306	0,261	0,211	28	50	28	3

In Verhältniszahlen:

Temperatur	Maximalwerte	(nach 3 Stunden)
4°	1,0	1,0
15°	1,0	1,0
37°	1,9	1,2
42°	2,0	1,3

Rinde und Mark zeigen also entgegengesetzte Temperaturabhängigkeit der Quellung, und zwar liegt für die Rinde das Quellungsmaximum bei hoher Temperatur.

4. Von einem anderen Rindenmarkversuch seien nur die Verhältniszahlen wiedergegeben, um zu zeigen, daß an diesen Versuchen die Temperaturrichtung zwar übereinstimmt, daß jedoch diese Methode zu grob ist, als daß man quantitativ gleiche Ausschläge bei verschiedenen Temperaturen erhalten könnte.

Rinde einer Schweineniere zu jedem Versuch 4 Stückchen, deren Anfangsgewicht 131—135 Milligramm:

Temperatur	4 Stunden	Maximum
4°	1,0	1,0
15°	1,0	1,2
37°	1,6	2,0
42°	1,8	2,1

Im entsprechenden Mark-Versuch:

Temperatur	1 Stunde	Maximum
4°	1,80	2,10
15°	1,25	1,80
37°	1,33!	1,33
42°	1,00	1,00

5. Weil die Präparation sehr lange dauert und die Stücke ungleich werden, sind die folgenden Versuche an Pferdenieren ausgeführt. Bei diesen geht die Präparation des Marks äußerst schnell, die Marksubstanz ist so reichlich, daß sich ähnliche Stücke schneiden lassen. Die Ausschläge sind hier verhältnismäßig klein, der Unterschied bei den verschiedenen Temperaturen wird allmählich deutlicher.

Die Verhältniszahlen der Maximalwerte sind:

4°	1,4
15°	1,1
37°	1,0
42°	1,0

Von der Rinde der Pferdeniere gilt das gleiche wie vom Mark. Die Ausschläge sind klein, die Temperaturabhängigkeit nicht so deutlich wie an der Schweineniere. Es werden analoge Versuche mit 24 Stunden alter Niere gemacht. Bei diesen zeigt die Quellung keine Temperaturabhängigkeit entsprechend dem Befund bei dem 24 Stunden alten Muskel. Die Wirkung des Serums auf das Wiederhervortreten der Temperaturabhängigkeit, die wir beim Muskel beobachteten, ist hier nur angedeutet. Man darf sich wohl vorstellen, daß die Niere nach 24 Stunden stärker geschädigt

ist als der Muskel. Ein deutlicher Unterschied zwischen Muskel und Nierenrinde zeigt sich bei der Quellung im Wasser.

Nierenrinde des Schweins in Aqua dest. und Ringerlösung:

Lösung	Temp.	Anf.-Gew. in g	Gewicht in g nach Std.				Gewichtszunahme in % nach Std.			
			1	3	6	9	1	3	6	9
Aq. dest.	4°	0,113	0,197	0,201	0,198	0,191	74	78	75	72
	37°	0,112	0,198	0,187	0,183	0,170	77	67	63	52
Ringer	4°	0,112	0,132	0,143	0,154	0,160	18	28	38	42
	37°	0,112	0,141	0,153	0,160	0,173	26	37	43	55

Bei 37° findet nach der ersten Stunde in Aqua dest. schon eine Abnahme statt, so daß der Vergleich nur in der ersten Stunde erlaubt ist. In Ringerlösung dagegen findet bis zur neunten Stunde eine Zunahme bei 37° statt. Wie beim Muskel ist zwar die Quellung auch hier im Wasser bedeutend stärker als in Ringerlösung, doch zeigt die Nierenrinde keine Temperaturabhängigkeit der Quellung in Wasser.

Gerade diese letzte Erscheinung erlaubt uns Beziehungen zwischen unseren Versuchen und der Funktion der Niere aufzustellen. Einerseits wissen wir, daß die Niere ein Konzentrierungsvermögen für Salze besitzt, denn die Konzentration der Salze im Urin ist unter normalen Verhältnissen größer als im Blut; andererseits fanden wir, daß ohne die Anwesenheit von Salzen die Quellung der Niere keine Temperaturabhängigkeit besitzt. Hängt das Konzentrierungsvermögen mit der Quellung zusammen, so müßte Erwärmung in gleicher Weise, wie sie die Quellung erhöht, auch die Konzentration des Urins vermehren. Dies ist auch der Fall. Dafür spricht die klinische Beobachtung, daß der Diabetes insipidus im Fieber verschwindet. Lichtwitz[22]) hat durch lokale Erwärmung der Niere beim Diabetes insipidus einen Harn von höherer Konzentration erhalten. Bei Versuchen an normalen Nieren fand er in manchen, doch nicht in allen Fällen, eine Zunahme der Konzentration des Clorions, die in einem Falle auf 1,132 % stieg. Neuerdings hat Wolfheim[23]) bei Schrumpfnieren durch Thermopenetration die Absonderung eines konzentrierteren Urins erreicht. Hofmeister[24]) hat zuerst gefunden, daß die diuretisch wirkenden Salze ändernd auf den Wassergehalt von Oelen wirken. Lichtwitz hat darauf hingewiesen, daß auch andere Diuretica (Purinderivate Calomel) diesen Einfluß haben. Wenn wir auch aus diesen Tatsachen und Meinungen keine völlige Einsicht in das physikalisch-chemische Geschehen bei der Harnbereitung gewinnen, so werden wir darauf hingewiesen, daß Kolloidreaktionen hier eine sehr wesentliche Rolle spielen und die neue Tatsache, daß die Nierenrinde die entgegengesetzte Temperaturabhängigkeit der Quellung besitzt, als das Mark, das Bindegewebe aus der Muskel, ist eine neue Stütze für diese Auffassung. Um die Beziehung noch genauer zu erforschen, werden außer Analysen der Flüssigkeit, durch die die Salzaufnahme in die Niere quantitativ geprüft wird, noch Versuche vorgenommen, die den Einfluß des Harnstoffs und Coffeins auf die Quellung zeigen sollen. Einige in dieser Richtung schon angestellten Vorversuche ergaben Begünstigung der Quellung bei Anwesenheit von Harnstoff, selbst in kleinen Konzentrationen. Eine Wirkung des Coffeins konnte bisher nicht nachgewiesen werden, vielleicht waren die verwandten Dosen zu groß, doch soll die Prüfung der Coffeinwirkung bei kleinen Dosen noch ausgeführt werden; ferner sollen Versuche angestellt werden, bei denen die verschiedenen Flüssigkeiten nicht von allen Seiten an die Niere gelangen, sondern auf dem physiologischen Wege durch die Arterien einströmen.

Zusammenfassung.

I. Schutzkraft.

1. Die Veränderung der Schutzkraft geht nicht stetig vor sich mit steigender Temperatur. Betrachtung der Farbennuancen läßt jedoch stets einen, wenn auch nicht gleichmäßigen Einfluß der Temperatur erkennen. Dies gilt für sämtliche untersuchten Lösungen.

2. In neutraler und saurer Gelatinelösung und in Albuminlösung nimmt die Schutzkraft mit steigender Temperatur zu (Deshydratation). Die Temperatur, bei der die stärkste Veränderung vor sich geht, ist nicht bei allen Substanzen die gleiche.

3. In der Albuminlösung findet sich eine Zunahme der Schutzkraft noch bei 70°, beim Beginn der Koagulation.

4. Eine alkalische Gelatinelösung zeigt zwischen 20° und 60° keine Veränderung der Schutzkraft.

5. Nur in der sauren Gelatinelösung bleibt die durch Erwärmen gebesserte Schutzkraft auch nach raschem Abkühlen bestehen.

II. Viskosität.

6. Die von verschiedenen Forschern an Körperflüssigkeiten festgestellte Abnahme der Viskosität mit steigender Temperatur wird auch an Albuminlösungen und Serum (von Menschen und Kalb) gefunden.

7. Die quantitative Betrachtung der Temperaturabhängigkeit ergibt, daß sie in den untersuchten kolloidalen Lösungen ebenso wie in den aus der Literatur herangezogenen durchgängig die gleiche ist, wie die Temperaturabhängigkeit des Wassers.

8. Die von Starke beobachtete Zunahme der Viskosität vor der Koagulation wird in einigen Versuchen gefunden. Der Temperaturkoeffizient der Viskosität, der so veränderten kolloidalen Lösung, bezogen auf die jetzt mit absteigender Temperatur erreichten Werte, ist unverändert; nur ist der absolute Wert der Viskosität höher.

9. Es kann also eine Wasserverschiebung durch Temperaturveränderung nicht mit Hilfe der Viskosimetrie festgestellt werden.

10. Wie sich aus Tabellen ergibt, erleidet das Blut — als eine bedeutend zähere Flüssigkeit — eine stärkere Abnahme der Viskosität mit steigender Temperatur.

III. Quellung.

11. Der Einfluß der Temperatur auf die Quellung ist nur qualitativ, nicht quantitativ ausdrückbar. Die aus verschiedenen Versuchen sich ergebenden Zahlenwerte sind nicht die gleichen.

12. Eine Veränderung zwischen 37° und 42° ist jedoch in der überwiegenden Mehrzahl der Versuche deutlich.

13. Alter und Form der verwendeten Präparate beeinflußt die Quellung. Die größten Ausschläge erhält man mit kleinen frischen Stücken.

14. Wie das von Hauberrisser und Schönfeld untersuchte Bindegewebe, das bei höherer Temperatur Wasser abgibt, entquillt auch der Muskel, wie sich in zahlreichen Versuchen herausstellt, bei höherer Temperatur. Muskel und Bindegewebe kommen also für die Verwässerung des Serums in Frage.

15. Die Quellung in Wasser ist größer als in Ringerlösung, die Temperaturabhängigkeit ist in beiden annähernd die gleiche.

16. Die in Ringerlösung und Wasser erfolgende Quellung geht weit über die unter physiologischen Umständen stattfindende hinaus (70 % Zunahme).

17. Am 24 Stunden alten Muskel zeigt die Quellung keine Abhängigkeit von der Temperatur in Ringerlösung, wohl aber im Serum.

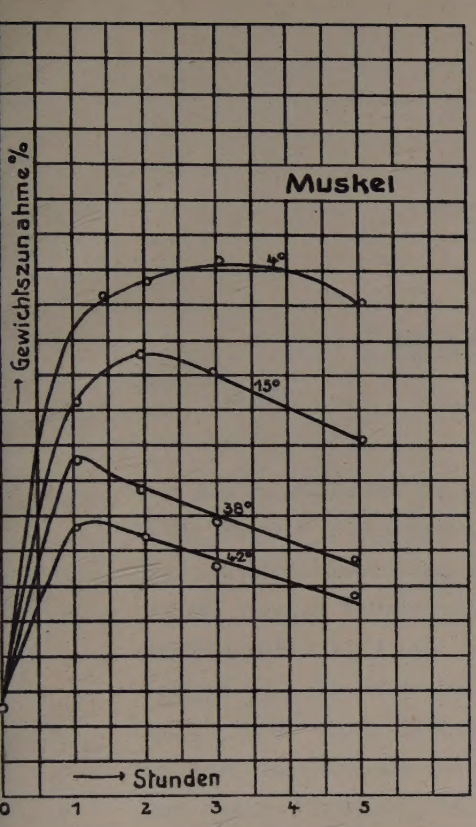
18. Versuche an der für die Blutkonzentration so wichtigen Niere ergeben für diese die umgekehrte Temperaturabhängigkeit. Die Quellung wächst mit steigender Temperatur.

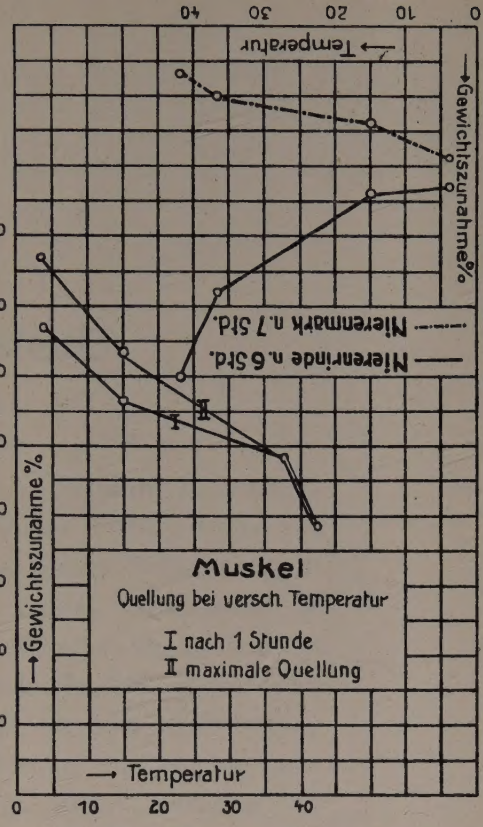
19. Es wird festgestellt, daß nur die Rinde diese umgekehrte Temperaturabhängigkeit zeigt. Das Mark verhält sich Veränderungen der Temperatur gegenüber wie Muskel und Bindegewebe.

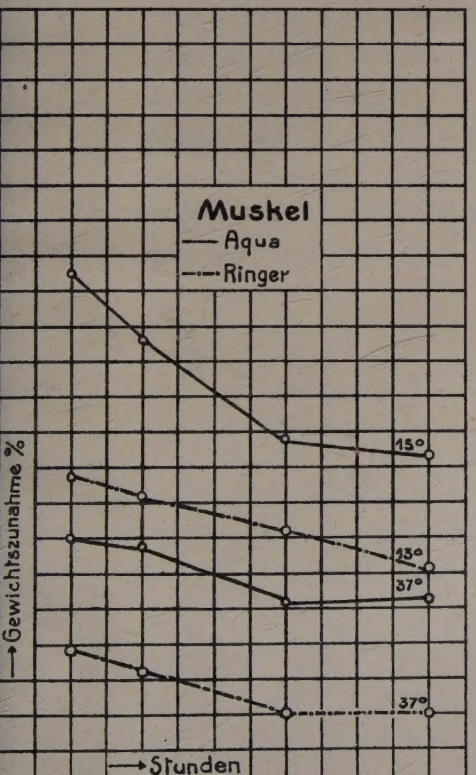
20. Eine Temperaturabhängigkeit der Quellung in reinem Wasser besteht für die Niere nicht.

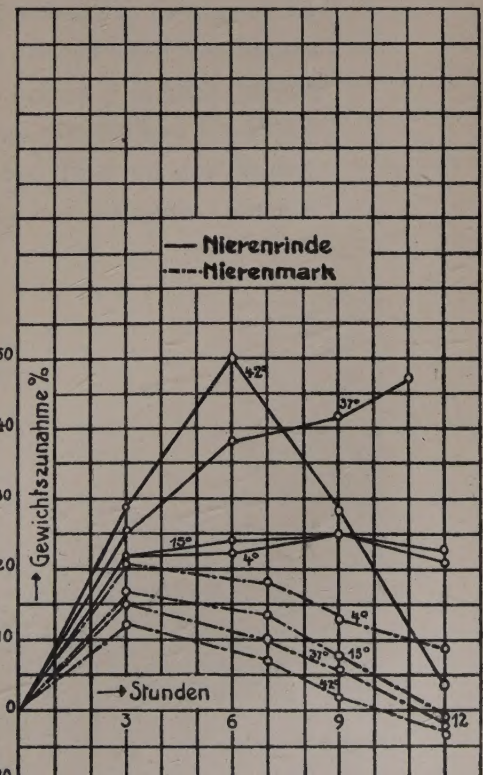
Literatur.

1. Zsigmondy: Kolloidchemie 1913.
2. Schulz und Zsigmondy: Hofmeisters Beiträge 3. 137. 1902.
3. Starke: Arch. internat. de Physiol. IV. S. 396. 1906/7.
4. Rossi: Arch. di Fisiol. 1. 500. 1904; 2. 599. 1903.
5. Bottazzi: Handb. d. vergleich. Physiol. Bd. I.
6. White: Biochem. Zt. 37. 482. 1911.
7. Arrhenius: Zt. f. physikal. Ch. I.
8. Walden: Zt. f. physikal. Ch. 55.
9. Russel-Burton-Opitz nach Laudolt Börnstein.
10. Bolognesi: Journal de Physiol. XII, S. 256, 1910.
11. Chistoni: Arch. di fisiol. VIII, S. 123, 1910.
12. Schulze-Wagner: Maly 30, S. 148.
13. Sandelowsky: Arch. f. kl. Med. C.
14. Hauberrisser und Schönfeld: Arch. f. e. P. u. Ph. 71. 121. 1913.
15. Engels: zitiert nach Botazzi Hdb. d. vergl. Physiol. I.
16. Wahlgren:
17. Japelli: Arch. internat. de Physiol. IV, S. 369, 1906/7.
18. Boglia: Arch. internat. de Physiol. IV, S. 340, 1906/7.
19. Meek: Americ. Journ. of Physiol. XVII, S. 8, 1906/7.
20. Demoor und Philippson: Arch. internat. de Physiol. VI, S. 210, 1908.
21. Philippson: Arch. di fisiol. VII, S. 435, 1909.
22. Lichtwitz: Arch. f. e. P. u. Ph.
23. Wolfheim: Zt. f. klin. Med.
24. Hofmeister: Arch. f. e. P. u. Ph.


Muskel
→ Gewichtszunahme %
4°
15°
38°
42°
→ Stunden
0
1
2
3
4
5


Temperatur →
Gewichtszunahme %
Nierenrinde n. 6 Std.
Nierenmark n. 7 Std.
Muskel
Quellung bei versch. Temperatur
I nach 1 Stunde
II maximale Quellung
→ Gewichtszunahme %
→ Temperatur
0
10
20
30
40
50
60
70
80


Muskel
— Aqua
--- Ringer
→ Gewichtszunahme %
15°
13°
37°
37°
→ Stunden


— Nierenrinde
--- Nierenmark
→ Gewichtszunahme %
42°
37°
15°
4°
4°
37°
15°
42°
→ Stunden
0
3
6
9
12
10
20
30
40
50

Lebenslauf.

Am 25. Juli 1886 bin ich als Sohn des Kaufmanns Willy Renner in Aachen geboren. 1905 bestand ich das Abiturientenexamen am Kaiser Wilhelm-Gymnasium meiner Vaterstadt. Zuerst besuchte ich je ein Semester lang die Technische Hochschule in Aachen und die Universität in Heidelberg und ging Ostern 1906 nach München. Ostern 1907 begann ich dort das Studium der Medizin und machte auch dort mein Physicum Ostern 1910. Nachdem ich 2 klinische Semester in Berlin und 2 in Göttingen zugebracht hatte, bestand ich Ostern 1912 das Staatsexamen in Göttingen. Die ersten 4 Monate meines praktischen Jahrs war ich am städtischen Elisabeth-Krankenhaus in Aachen, den Rest an der Medizinischen Universitätspoliklinik in Göttingen. Zur Zeit volontiere ich dort.